

С.Н. ЛЕОНОВИЧ¹, д-р техн. наук (SLeonovich@mail.ru); Д.В. СВИРИДОВ², д-р хим. наук (info@bsu.by),
Г.Л. ЦУКИН², канд. хим. наук, А.Л. БЕЛАНОВИЧ², канд. хим. наук,
С.А. КАРПУШЕНКОВ², канд. хим. наук, В.П. САВЕНКО², ст. науч. сотрудник

¹ Белорусский национальный технический университет (220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 65)

² Белорусский государственный университет (220030, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 4)

Компенсация усадки пенобетона

Установлена перспективность получения малоусадочного пенобетона плотностью 200–400 кг/м³ из цементной смеси, содержащей дегидратированный цитрат натрия и расширяющий сульфоалюминатный модификатор (PCAM). Эффект компенсации усадки проявляется за счет синтеза в условиях пеноцементной структуры низкоосновных гидросиликатов, которые зарастают гелеобразными материалами, образующимися за счет взаимодействия между собой компонентов цемента, добавки PCAM и цитрата натрия с образованием новой блочной структуры, которая оказывает сопротивление усадочным явлениям в период перехода пеноцементного каркаса пенобетона в упругое состояние. Протеканию процессов формирования структуры твердеющего пенобетона противостоят такие факторы, как миграция воды под влиянием температурного градиента, приводящего к деструктивным явлениям, влажностной усадке, набуханию поровых перегородок при конденсации пара и т. д. Определяющими деструктивными процессами в производстве пенобетона является тепло- и массообмен во влажных пористых телах и напряжения, вызываемые температурным расширением материала. Для получения равномерного распределения тепловых потоков при сушке массива пенобетона необходимо достичь единовременного прогрева его объема. Это может быть реализовано с помощью СВЧ-излучения, которое обеспечивает равномерную сушку без усадочных проявлений и заметных трещин.

Ключевые слова: пенобетон, цемент, пеномасса, усадка, цитрат натрия.

S.N. LEONOVICH¹, Doctor of Sciences (Engineering) (SLeonovich@mail.ru); D.V. SVIRIDOV², Doctor of Sciences (Chemistry) (info@bsu.by),

G.L. SHCHUKIN², Candidate of Sciences (Chemistry), A.L. BELANOVICH², Candidate of Sciences (Chemistry),

S.A. KARPUSHENKOV², Candidate of Sciences (Chemistry), V.P. SAVENKO², Senior Staff Scientist

¹ Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Avenue, Minsk, 220013, Belarus)

² Belarusian State University (4, Nezavisimosti Avenue, Minsk, 220030, Belarus)

Concrete Shrinkage Compensation

The prospectivity of obtaining low shrinkage foam concrete of 200–400 kg/m³ density from cement mix containing dehydrated sodium citrate and expansive sulfoaluminate modifier ESM has been established. The effect of shrinkage compensation reveals itself due to the synthesis under conditions of the foam-cement structure of low-basic hydrosilicates which are overgrown with jellylike materials generated as a result of interaction of cement components, ESM additive and sodium citrate with the formation of a new block structure which resists to shrinkage effects in the process of transition of the foam-cement frame of foam concrete to the elastic state. Such factors as water migration under the impact of the temperature gradient, which leads to destructive effects, moist shrinkage, swelling of pore walls under steam condensation etc., resist to the progression of formation of hardening foam concrete structure. Defining destructive processes in the production of foam concrete are heat- and mass transfer in humid porous solids and stresses caused by temperature expansion of the material. To obtain the uniform distribution of heat flows in the course of drying of foam concrete massive, it is necessary to achieve the simultaneous heating of its volume. This can be realized with the help of microwave radiation which ensures the uniform drying without shrinkage effects and noticeable cracks.

Keywords: foam concrete, cement, foam mass, shrinkage, sodium citrate.

В настоящее время в связи с увеличением стоимости энергоресурсов образовался устойчивый интерес к минеральным строительным материалам с высокими теплоизоляционными свойствами. К таким материалам следует отнести пенобетоны, которые должны обладать достаточной прочностью на сжатие и растяжение, высокой трещиностойкостью, негорючестью, долговечностью и т. д. Этим требованиям в той или иной мере соответствуют пенобетоны автоклавного твердения. Однако для их производства требуются большие энергетические затраты. Это более чем в два раза увеличивает стоимость материала в сравнении с пенобетоном холодного отверждения. Вместе с тем слабой стороной неавтоклавного пенобетона являются значительные деформации как в процессе изменения водосодержания при твердении, так и при его эксплуатации. В результате деформации развивается усадка массива пенобетона с образованием трещин в изделиях из этого материала. Последнее снижает его долговечность, делая мало пригодным материалом в строительстве-ремонтной индустрии. Эти деструктивные процессы, протекающие в массивах монолитных и пористых бетонов, освещены в литературе [1–3].

Однако многофакторность процесса деструкции пенобетонов через усадку и трещинообразование делает невозможным дать единую оценку механизма этого

явления. Следует отметить, что полная усадка неавтоклавного пенобетона складывается из влажностной, контракционной и карбонизационной составляющих.

Влажностная усадка вызывается изменением распределения, перемещением и испарением влаги в образовавшемся скелете цементного камня. Эта составляющая играет ведущую роль в суммарной усадке бетона. Контракционная усадка вызывается тем, что объем новообразований цементного камня меньше объема, занимаемого веществами, вступающими в реакцию. Эта усадка развивается в период интенсивного протекания химических реакций между цементом и водой и не столько изменяет внешние размеры образца, сколько способствует изменениям в поровой структуре материала: уменьшается объем пор, занимаемых водой, возникают воздушные поры. Обычно эта усадка развивается в период затвердения бетона, когда он еще достаточно пластичен, и поэтому не сопровождается заметным растрескиванием материала. Карбонизационная усадка вызывается карбонизацией гидроксида кальция и развивается постепенно с поверхности бетона в глубину [2].

В Белорусском государственном университете разработана добавка–ускоритель схватывания и твердения бетона, представляющая собой прогретый при 200°С в течение 3 ч 5,5 водный трехзамещенный цитрат

натрия [4, 5]. Регулируя количество добавки от 0,3 до 8% по отношению к цементу, можно замедлить или ускорить время схватывания и последующего твердения бетонных смесей. Кроме того, при введении добавки повышается пластичность цементного раствора. Использование этой добавки в сырьевой смеси для получения пенобетона в количестве 6% от массы цемента позволило повысить реологические свойства вспененной цементной массы, ее устойчивости и ускорить время схватывания и твердения пенобетона. Однако эта добавка практически не оказывает никакого влияния на процессы усадки и трещиностойкости пенобетона.

Целью данной работы является оценка влияния расширяющегося сульфалоюминатного модификатора (PCAM) и технологических факторов сушки пенобетона на процессы деформации, усадки и трещиностойкости пенобетона, изготовленного из модифицированной цитратом натрия цементной смеси.

Для достижения поставленной цели готовилась сухая сырьевая смесь, содержащая портландцемент М500 Д0, дегидратированный цитрат натрия, PCAM и пенообразователь Уфапор. При затворении сырьевой смеси водой при $V/T=0,6-0,7$, последующего механического вспучивания в турбулентном смесителе (1500–2000 об/мин) и отверждения пеномассы формируется пенобетон плотностью 200–400 кг/м³.

Главной проблемой производства неавтоклавного пенобетона является высокая общая усадка, которая в 2–4 раза превышает усадку пенобетонов. Последнее уменьшает на 20–30% прочностные свойства неавтоклавного пенобетона и снижает его трещиностойкость. Установлено [3], что неавтоклавный пенобетон отличается от автоклавного как по микроструктуре, так и по завершенности процессов гидратации. На это указывает тот факт, что помещение образцов пенобетона на сутки в воду с последующим содержанием их в течение суток над водой в эксикаторе при комнатной температуре сопровождается интенсивной гидратацией оставшегося в образце цемента и развитием в нем контрактной усадки, которая, по-видимому, несет ответственность за появление трещин при сушке.

Высокая степень кристаллизации новообразований и гидратации цементного вяжущего в автоклавном бетоне практически исключает протекание процессов твердения с изменением его объемов. Контрактная усадка и связанные с ней напряжения в объеме автоклавного пенобетона практически отсутствуют. Это вызвано тем, что в период тепловой обработки вся твердеющая масса пенобетона находится в пластично-вязком состоянии. В этих условиях контракция будет вызывать лишь химическую усадку. Она происходит ровно по всему объему твердеющей цементной массы и поэтому не вызывает в нем напряжений. Можно утверждать, что по этой причине усадка, а следовательно, и трещинообразование имеют в автоклавном пенобетоне незначительную величину.

Усадка неавтоклавного пенобетона характеризует его трещиностойкость, которая, по данным [6], зависит от совместного проявления факторов, способных при определенных условиях их сочетания вызвать в пенобетоне в процессе принудительной или естественной сушки напряжения и деформации, превышающие предельную растяжимость. Видимо, наиболее существенными факторами, влияющими на возникновение трещин, являются: перепад влажности между внутренними и поверхностными слоями пенобетона, деформации и влагообменные процессы с внешней средой. Последнее, очевидно, зависит от природы и состояния материала пенобетона, его внутренней структуры, состояния поверхности, объема пор и т. п.

Известно [7], что твердеющий цементный камень содержит два вида воды: свободную в макрокапиллярных порах, удаление которой вызывает незначительную усадку, и адсорбционно-связанную в порах геля, удаление которой сопровождается повышенной усадкой. Замечено, что на некоторых образцах, особенно пенобетона плотностью 200 кг/м³, несмотря на достаточно большую линейную усадку, трещины не образуются. Последнее, по-видимому, обусловлено значительной проницаемостью паров воды во внутренних слоях образца пенобетона и испарения их без возникновения деформаций поровой структуры.

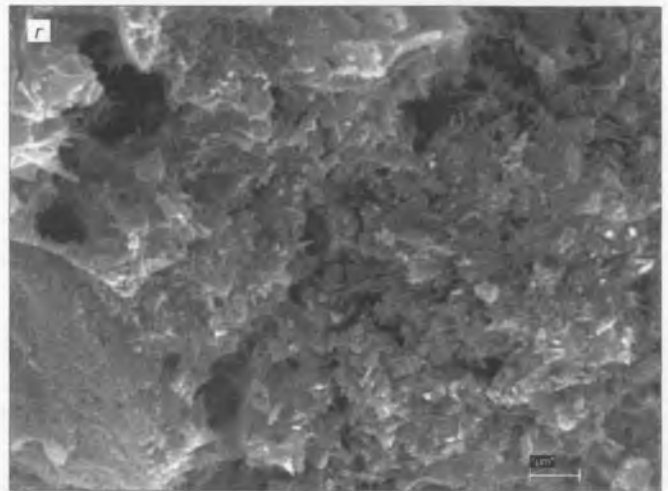
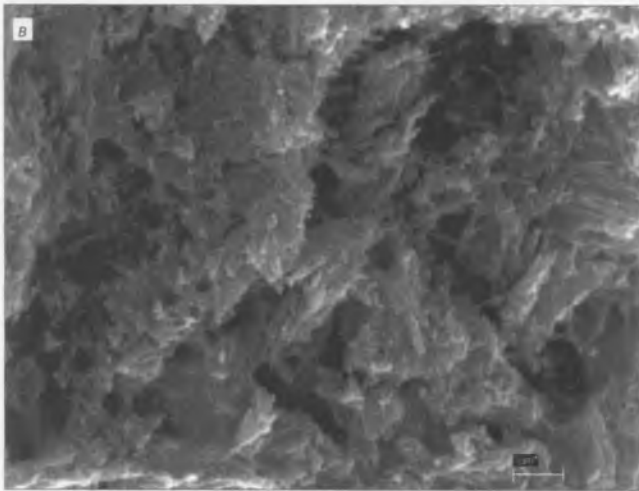
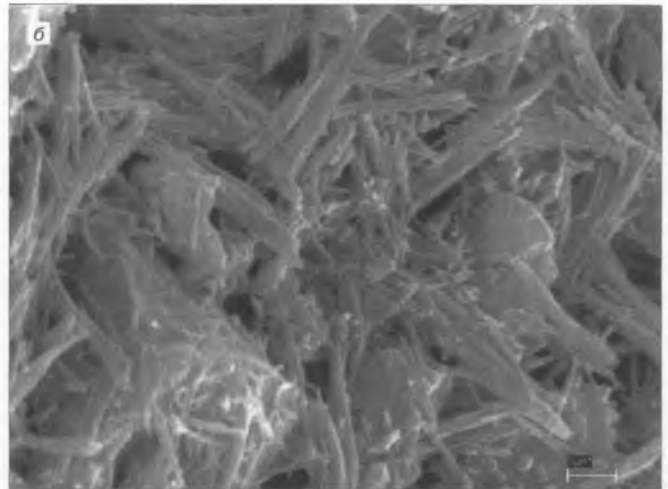
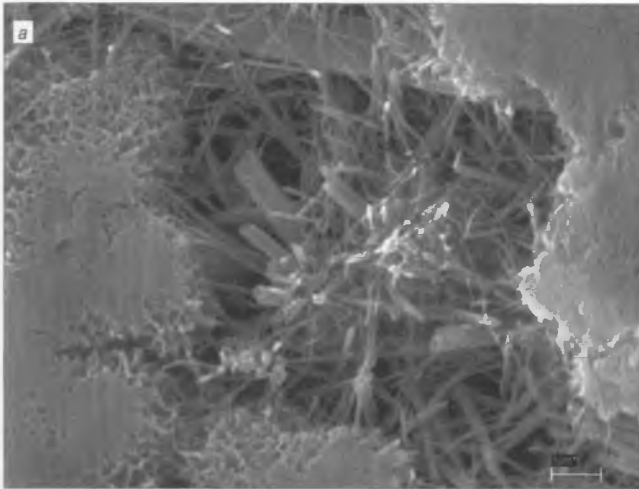
При выполнении экспериментальной работы установлено, что в присутствии цитрата натрия более 6% в цементной смеси ($V/C=0,6$) вспученная цементная масса при высыхании на воздухе образует микротрещины, которые через 10 сут расширяются до 2 мм. С увеличением концентрации цитрата натрия в сырьевой смеси пенобетона до 8% возрастает скорость схватывания и твердения пеноцементной массы на 20%. Однако через 7 сут хранения фиксируется появление трещин, ширина которых увеличивается и через 8–10 сут достигает 2–3 мм. К резкому увеличению роста трещин в массиве пенобетона приводит и увеличение количества воды затворения более значения $V/C=0,7$. Наблюдаемое явление можно объяснить тем фактом, что цитрат натрия ускоряет процесс гидратации цемента и увеличивает в цементной пеномассе количество гелевидных составляющих. Последнее обеспечивает схватывание и твердение цементной пеномассы с образованием блочной структуры, содержащей мелкие игольчатые кристаллы, концентрация которых в присутствии пенообразователя Уфапор резко убывает.

Установлено, что увеличение прочности пенобетона, модифицированного цитратом натрия, а следовательно, и снижение дефектности его структуры возможны за счет специальных добавок, способных взаимодействовать с основными компонентами цементной пеномассы и образовывать с ними кристаллические структуры, обладающие новыми функциональными свойствами [8].

К таким добавкам следует отнести PCAM, который используется для компенсации усадки бетона и содержит в своей основе сульфалоюминатный модификатор, минералогическая основа которого, по-видимому, оказывает интенсифицирующее действие на процесс формирования гидросиликатной матрицы в автоклавном пенобетоне [9, 10]. Эта добавка обладает расширяющим эффектом и в неавтоклавном бетоне, что позволяет использовать ее для компенсации усадки пенобетона.

Определена граничная концентрация добавки PCAM в количестве 2–3% от массы цемента, введение которой в сырьевую смесь неавтоклавного пенобетона обеспечивает проявление расширяющего эффекта. Замечено, что по мере увеличения концентрации PCAM в сырьевой смеси возрастает не только прочность, но и существенно снижается усадка пенобетона.

Проведенное с помощью растрового микроскопа LEO 1420 исследование микроструктуры поверхности скола образцов пенобетона, полученных из вспученной цементной сырьевой смеси без модифицирующих добавок и с добавками 6% (по отношению к массе цемента) цитрата натрия и 3% PCAM, а также при совмещении их в смеси, показало, что они оказывают существенное влияние на конечную структуру пенобетона. В частности, как следует из рисунка а и б, добавка PCAM, введенная в цементную смесь, обеспечивает ускоренный рост игольчатых гидросиликатов кальция, которые отвечают за увеличение прочности и трещиностойкости материала.



Микроструктура поверхности скола пенобетона, полученного из вспученного цементного раствора: а – не содержащего добавок; б – с добавкой PCAM; в – с добавкой цитрата натрия; г – с добавкой PCAM и цитрата натрия

Введение же в состав цементной смеси цитрата натрия обеспечивает зарастание формируемых игольчатых кристаллов гелеобразными продуктами и образованием блочной структуры (см. рисунок в), приводящей к уплотнению системы и возникновению коагуляционных контактов между частицами цемента.

Аналогичная структура пенобетона формируется и при совместном введении в состав цементной смеси сульфоалюминатного модификатора PCAM и цитрата натрия (см. рисунок г).

Следует отметить, что введение в состав цементной смеси, содержащей цитрат натрия, добавка PCAM не влияет на скорость схватывания цементной пеномассы, но сокращается время набора прочности каркаса пенобетона. Наблюдаемый эффект можно объяснить тем, что присутствие в цементной смеси цитрата натрия обеспечивает интенсивную гидратацию цемента с образованием гелевой массы, которая, согласно данным, приведенным в работе [11], заполняет пустоты цементного камня и по мере потери воды уплотняется и твердеет с образованием затвердевшей высокодисперсной матрицы, которая имеет меньшую предельную деформацию, чем игольчатые кристаллы гидросиликатов [12].

Учитывая это, можно утверждать, что при нагрузке сначала разрушается матрица, а затем кристаллы. При большой концентрации игольчатых кристаллов в матрице они могут сдерживать напряжения в матрице и препятствовать ее растрескиванию. Одновременно достаточное наличие гелеобразной и кристаллической

фаз в цементной пеномассе может обеспечить плавный рост прочности структуры пенобетона [13].

Из опытных данных следует, что добавка PCAM в сырьевую смесь пенобетона обеспечивает его упрочнение. Однако это не исключает растрескивания от содержащейся в нем воды, которая при просушке пенобетона в виде пара покидает его объем и создает во внутренних слоях градиент давления, которое разрушает поровую структуру и резко снижает коэффициент конструктивного качества. Для предотвращения этого негативного явления необходимо на производстве создавать условия для просушки внутренних слоев, которые не оставали бы от скорости просушки наружных. Достигнуть этого состояния в условиях производства достаточно сложно, и, чтобы избежать пересыхания верхних слоев пенобетона, которое в свою очередь приводит к более интенсивной миграции воды из объема массива к поверхности и в ряде случаев вызывает нарушение поровой структуры, рекомендуется проводить регулярное орошение водой поверхности массива пенобетона. Это существенно увеличивает технологическое время производства и сказывается на его стоимости.

Исследуя особенности сушки неавтоклавно пенобетона, установлена целесообразность привлечения к процессу удаления воды из внутренних слоев пенобетона СВЧ-излучения, которое широко применяется для внутреннего разогрева пористых материалов [14]. СВЧ-нагрев не требует теплопередачи, а реализуется за счет превращения электромагнитной энергии в тепло-

вую во всем объеме обогреваемого материала, в качестве которого может выступать пенобетон. При этом градиент температуры в образце существенно снижается, благодаря чему снижаются внутренние напряжения в пенобетоне.

Для оценки процесса сушки пенобетона использовали бытовую СВЧ-печь, в которую помещали образцы пенобетона плотностью 200–400 кг/м³ размером 6×6×6 см, которые предварительно выдерживали в течение 14 сут в закрытом термостате при комнатной температуре с последующей обработкой в течение 40–45 мин мощностью излучения 200 Вт.

Исследование кинетики обезвоживания образцов пенобетона показало, что их устойчивость к трещинообразованию определяется не только скоростью удаления воды из объема образца, но и от количества остатков ее в объеме. Кроме того, замечено, что при небольшой толщине образцов перепад влажности между слоями незначителен, сушка протекает равномерно, без возникновения опасных градиентов влажности, а следовательно, без усадочных проявлений и заметных трещин. С увеличением мощности облучения образцов до 400 Вт скорость испарения воды из объема резко возрастает и в ряде случаев приводит к разрыву поровой структуры пенобетона. В настоящее время авторами данной работы проводятся исследования по практическому применению СВЧ-излучения для объемной просушки пенобетона.

Заключение

Проведенное исследование процесса получения малоусадочного пенобетона из цементной смеси, содержащей цитрат натрия и РСАМ, показало перспективность использования последнего в качестве добавки, обеспечивающей компенсацию усадки твердеющего каркаса пенобетона. Эффект компенсации усадки проявляется за счет синтеза в условиях пеноцементной структуры низкоосновных гидросиликатов, которые нарастают гелеобразным материалом, образующимся за счет взаимодействия компонентов цемента и добавки РСАМ с цитратом натрия с образованием новой блочной структуры, которая оказывает сопротивление усадочным явлениям пеноцементного каркаса во время твердения.

Однако протеканию процессов формирования структуры твердеющего пенобетона противостоят та-

кие факторы, как миграция воды под влиянием температурного градиента, приводящего к деструктивным явлениям, влажностной усадке, набуханию поровых перегородок при конденсации пара и т. д. Определяющими деструктивными процессами в производстве пенобетона является тепло- и массообмен во влажных пористых телах и напряжения, вызываемые температурным расширением материала. При этом замечено, что чем быстрее растет температура пенобетона, тем больше разрыхляется его структура и увеличивается остаточная деформация. Особое внимание необходимо уделять режиму разогрева и охлаждения, а также пониманию того, что для пенобетона характерны процессы очень медленного разогрева за счет низкой теплопроводности и, как следствие, медленной теплоотдачи. Этому явлению необходимо уделить особое внимание при тепловой выдержке пенобетона и возможному возникновению миграционного потока объемной воды по направлению теплового потока. Эти потоки иногда создают избыточное давление в поровом пространстве материала и вызывают разрушение структуры пенобетона.

Для получения равномерного распределения тепловых потоков при сушке массива пенобетона необходимо достичь единовременного прогрева его объема. Это может быть реализовано с помощью СВЧ-излучения, которое обеспечивает высокую скорость прогрева пенобетона и интенсивное испарение из его объема воды. Необходимое для этого процесса тепло не подводится извне, а образуется внутри образца пенобетона. В отличие от атмосферной сушки, где температура пенобетона по толщине образца не изменяется, при сушке в поле токов высокой частоты наблюдается значительный перепад температуры, направленный изнутри пенобетона к поверхности. Это определяет интенсивное передвижение паров воды в объеме пенобетона и значительно сокращает продолжительность сушки.

Тепло в объеме пенобетона возникает в результате диэлектрических потерь вследствие поляризации частиц пенобетона, совершающих колебательные движения. При нагреве объема пенобетона тепло передается от внутренних слоев наружным, что обеспечивает уменьшение внутренних напряжений и опасность появления трещин в массиве пенобетона, а также существенно сокращается время сушки.

Список литературы

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны, теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.
2. Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции). М.: Стройиздат, 1972. 137 с.
3. Ружинский С.Р., Портник А.А., Савиных А.В. Все о пенобетоне. СПб.: ООО «Строй Бетон», 2006. 630 с.
4. Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Беланович А.Л. и др. Продление срока годности растворов смесей // *Строительные материалы*. 2012. № 10. С. 74–77.
5. Патент 18077 РБ. *Способ получения ускорителя твердения для бетонов и строительных растворов* / Савенко В.П., Шукин Г.Л., Леонович С.Н. и др. Опубл. Б.И. № 2. 2012.
6. Chindaprasirt P., Rattanasak U. Shrinkage behavior of structural foam lightweight concrete containing glycol compounds and fly ash // *Materials & Design*. 2011. Vol. 32. No. 2, pp. 723–727.

References

1. Batrakov V.G. Modificirovannye betoni, teoriya i praktika [The modified concrete, the theory and practice]. Moscow: Tehnoproect. 1998. 768 p.
2. Krivitskii M.Ya., Levin N.I., Makarichev V.V. Yacheistye betony (tekhnologiya, svoystva i konstruktсии) [Cellular concrete (technology, properties and structure)]. Moscow: Stroizdat. 1972. 137 p.
3. Ruzhinsky S.R., Portik A.A., Savinih A.V. Vse o penobetonе [In total about foam concrete]. St. Petersburg: ООО «Story Beton». 2006. 630 p.
4. Leonovich S.N. Sviridov D.V., Belanovich A.L., Shchukin G.L., Savenko V.P., Karpushenkov S.A. Prolongation of working life of mortar mixes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 10, pp. 74–77. (In Russian).
5. Patent 18077 BY. *Sposob polucheniya uskoritelya tverdeniya dlya betonov i stroitel'nykh rastvorov* [Method of obtaining the hardener for the concretes and the mortars]. Savenko V.P., Shchukin G.L., Leonovich S.N. etc. Published. B.I. № 2. 2012.
6. Chindaprasirt P., Rattanasak U. Shrinkage behavior of structural foam lightweight concrete containing glycol

7. Сахаров Г.Л. Комплексная оценка трещиностойкости ячеистых бетонов // *Бетон и железобетон*. 1990. № 10. С. 39–41.
8. Хархадин А.Н. Структурная топология пенобетона // *Известия вузов. Строительство*. 2005. № 2. С. 18–25.
9. Мечай А. А., Барановская Е.И. Формирование состава и структуры продуктов гидросиликатного твердения в присутствии сульфоминеральных добавок // *Цемент и его применение*. 2010. № 5. С. 128–133.
10. Протько, Н.С. Мечай А.А. Расширяющий сульфoалюминатный модификатор для компенсации усадочных деформаций бетонов и растворов // *Проблемы современного бетона и железобетона: Межд. симпозиум*. Минск. Ч. 2. 2007. С. 255–271.
11. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительное материаловедение. М.: Инфра-Инженерия, 2013. 832 с.
12. Stark J. Recent advances in the field of cement hydration and microstructure analysis // *Cement and Concrete research*. 2011. Vol. 41. No. 7, pp. 666–678.
13. Кудяков А.И., Киселев Д.А. Управление структурой и качеством пенобетона // *Проектирование и строительство Сибири*. 2009. № 4. С. 29.
14. Мамонтов А.В., Нefeldов В.Н., Назаров И.В. и др. Микроволновые технологии: Монография. М.: ГНУ НИИ ПМТ, 2008. 308 с.
- compounds and fly ash. *Materials & Design*. 2011. Vol. 32. No. 2, pp. 723–727.
7. Sakharov G.L. Complex assessment of crack resistance of cellular concrete. *Beton i zhelezobeton*. 1990. No. 10, pp. 39–41. (In Russian).
8. Kharkhardin, A.N. Structural topology of foam concrete. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2005. No. 2, pp. 18–26. (In Russian).
9. Mechay A.A., Baranovskaya E.I. Formation of composition and structure of products hydrosilicate hardening in the presence of sulfomineral additives. *Tsement i ego primeneniye*. 2010. No. 5, pp. 128–133. (In Russian).
10. Protko N.S., Mechay A.A. Expanding sulfoaluminate modifier for compensating the shrinkage strain of concretes and solutions. *The problems of contemporary concrete and reinforced concrete: International Symposium. Part 2*. Minsk. 2007, pp. 255–271.
11. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Stroitel'noe materialovedenie [Construction materials science]. Moscow: Infra-Inzheneriya. 2013. 832 p.
12. Stark J. Recent advances in the field of cement hydration and microstructure analysis. *Cement and Concrete research*. 2011. Vol. 41. No. 7, pp. 666–678.
13. Khudyakov A.I., Kiselev D.A.. Management of structure and quality of foam concrete. *Proektirovanie i stroitel'stvo Sibiri*. 2009. No. 4, pp. 29. (In Russian).
14. Mamontov A.V., Nefedov V.N., Nazarov I.V. ets. Mikrovolnovye tekhnologii: monografiya [Microwave technologies. Monograph]. Moscow: GNU of NII (Scientific Research Institute) PMT. 2008. 308 p.